

Berekenen en detailleren van betonconstructies (3)

Korte console en tandoplegging

ing. A. Middeldorp, ABT BV, Velp/Delft/Antwerpen
 ir. P. Lagendijk (co-auteur), Aronsohn Constructies
 raadgevende ingenieurs BV, Rotterdam

Consoles moeten relatief grote geconcentreerde lasten (soms horizontaal en excentrisch) afdragen. Door de betrekkelijk geringe afmetingen van consoles moet veel zorg worden besteed aan het detailleren van de wapening.

Om tot een goede constructie te komen, moet bij berekening en uitvoering van consoles op een aantal punten worden gelet. Eerst wordt ingegaan op de krachswerking en vervolgens wordt een aantal ontwerpregels gegeven. Er bestaan andere typen consoles (zoals hangende) die in dit artikel niet worden uitgewerkt, maar waarvan wel de principes worden besproken. Tot slot volgen rekenvoorbeelden van een console en een tandoplegging.

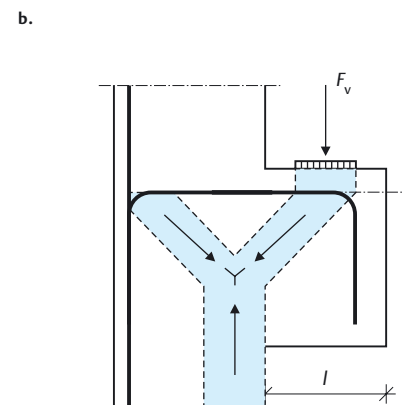
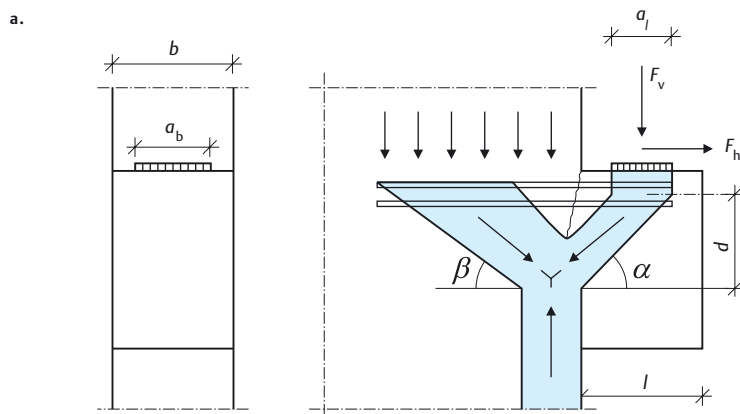
Krachswerking in de console

Volgens artikel 2.3 van de VBC 1995 is een console een als ligger te beschouwen uitkragend constructie-onderdeel. Indien de theoretische overspanning van een console niet groter is dan tweemaal de totale hoogte, is sprake van een gedrongen ligger.

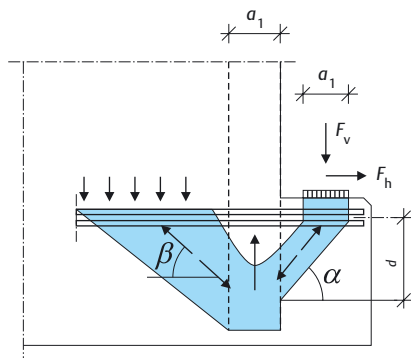
De belasting op de console wordt via een krachterspel van trek- en drukdiagonalen in de wand of kolom afgevoerd. In figuur 2 zijn twee mogelijke vakwerkanalogieën gegeven. Hetzelfde krachterspel ontstaat bij eindopleggingen van balken, poeren en wandliggers en bij puntlasten dicht bij randen van een constructie-element. Als de belasting via het oplegmateriaal wordt ingeleid, ontstaat in

de console een drukkolom met de afmeting $a_1 \cdot a_b$. Deze drukkolom gaat onder de wapening over in een drukdiagonaal die een hoek α maakt met de wand of kolom. De grootte van α wordt bepaald door de in de VBC voorgeschreven waarde van de inwendige hefboomsarm z (zie ook de toelichting bij art. 8.1.4). De drukdiagonaal uit de console gaat over in een drukkolom aan de dagzijde van de betonwand of kolom en een drukdiagonaal onder een hoek β . De drukkracht in de wand

- 1 | Korte console aan kolom en een tandoplegging
- 2 | a-b Krachterspel in een gedrongen console (overgenomen uit [3])



3 | Krachtenspel in een hangende console (figuur overgenomen uit [3])



maakt evenwicht met de resultante uit de verankering en de eventuele bovenbelasting op de wand (fig. 2a) of de verticale wapening (fig. 2b).

Hangende consoles

Bij hangende consoles geldt in principe hetzelfde krachtenspel. De overgang van de verticale belasting uit de drukdiagonaal zal niet naar een drukkolom aan de dagzijde van de wand kunnen worden afgevoerd, maar de belasting wordt door middel van trekwapening aan de dagzijde van de wand naar boven gevoerd, de zogenaamde ophangwapening (fig. 3).

Uiteraard moet de verankeringslengte van de trekwapening worden berekend, waarbij verankering in een kolom speciale aandacht verdient. Afhankelijk van de grootte van het uitwendig moment, kan een omslag plaatsvinden in het moment in de kolom. Dit betekent dat een groot gedeelte van de trekwapening voor de console zich waarschijnlijk zal bevinden in de gescheurde zone van de kolom. Het verdient daarom aanbeveling de trekwapening voor de console om te zetten in het vlak van de wapening aan de buitenzijde van de kolom. Het uitwendig moment uit de console moet worden meegenomen in de berekening van de kolomwapening.

Consoles met excentrische belastingen

Bij consoles waar de verticale belasting excentrisch aangrijpt, zal de doorsnede conform artikel 8.5 van de VBC moeten worden gecontroleerd op wringing en dwarskracht. Een rekenvoorbeeld hierover is uitgewerkt in [6].

Aangestorte consoles met een stekkenbak in een dikke wand

Een bijzondere situatie ontstaat wanneer een standaard-stekkenbak aansluit op een dikke wand. De verticale wapening aan de buitenzijde van de wand sluit dan niet aan op de wapening van de stekkenbak door de beperkte inbouwdiepte van de stekkenbak. Er zal aanvullende verticale wapening moeten worden toegepast die gedimensioneerd is op een fictieve gereduceerde

wanddikte (ter grootte van de diepte van de stekkenbak) die het buigend moment opneemt.

Handzame dimensioneringsregels

Artikel 2.3 van de VBC geeft als definitie van een gedrongen ligger: $l_{ov} / h \leq 2$.

Bij een praktische maat l geldt dus een minimale h (circa $0,5 l_{ov}$) om aan de definitie van een gedrongen ligger te voldoen. Boven een bepaalde hoogte h zal de inwendige hefboomsarm z niet meer toenemen, omdat de maximale hoek van de drukdiagonaal is bereikt. Het heeft dan geen zin grotere afmetingen te kiezen, tenzij dwarskracht maatgevend is.

Enkele praktische aanwijzingen bij de berekening.

- De hoogte van een console kan variëren over de lengte. Dit kan om esthetische en/of praktische redenen het geval zijn. Een praktische reden kan zijn het gemakkelijk ontkisten van bijvoorbeeld een prefab kolom met een console. Bij de berekening van τ_d heeft bij een gedrongen console geen andere hoogte te worden aangehouden dan de hoogte bij de dag van de oplegging. Er moet zich dan wel een drukdiagonaal kunnen vormen.
- Bij consoles in het vlak van de wand, moet rekening worden gehouden met het tijdstip van belastingen van de console. Als de bovenbelasting nog niet aanwezig is, zal kritisch gekeken moeten worden naar de verankering van de wapening. Eventueel moet verticale trekwapening worden aangebracht (vergelijk figuur 2a en 2b). De aangenomen trek- en drukstaven in de console moeten aansluiten op het aangenomen krachtenverloop in de dragende constructie.
- Het verdient aanbeveling om de oplegplaat niet te klein te kiezen. De grootte van de oplegplaat heeft invloed op de grootte van de drukdiagonaal. De bovengrens van het draagvermogen van de console wordt bepaald door de betonspanning in de drukdiagonaal. In de rekenregels van de VBC heeft geen expliciete toets van de drukdiagonaal plaats. De afmeting van de oplegplaat heeft via de term k_λ in art. 8.2.3.1 wel invloed op de grootte van de opneembare dwarskracht.

Als ontwerprichtlijn kan worden aanhouden [7]:

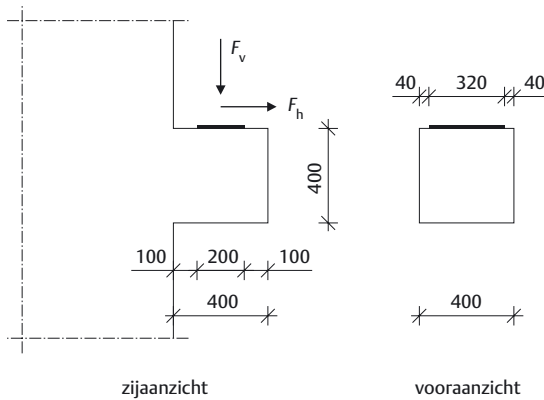
- opleglengte: $a_1 \geq 0,5 \cdot l$
- oplegbreedte: $a_b \geq 0,67 \cdot l$
- afstand voorzijde oplegplaat tot voorzijde console minimaal 50 mm.

Aanduidingen a_1 en a_b verschillen van de VBC.

Voor notaties zie figuur 2.

Voorbeeldberekening console

4 | Geometrie van een korte console



$$\frac{l_{ov}}{h} = \frac{600}{400} = 1,5 \leq 2$$

Conclusie: de console is gedrongen.

Bepaling inwendige hefboomsarm z

Volgens artikel 8.1.4. van de VBC bedraagt z voor consoles:

$$z = 0,2 l + 0,4 h \geq 0,8 l$$

$$z = 0,2 \cdot 0,6 + 0,4 \cdot 0,4$$

$$= 0,28 \text{ m} \geq 0,48 \text{ m (akkoord)}$$

$$z = 280 \text{ mm}$$

Wapening voor de verticale belasting

$$M_d = F_{vd} \cdot a = 210 \cdot 0,3 = 63 \text{ kNm.}$$

Benodigde wapening:

$$M_d = M_u \text{ en } M_u = A_s \cdot f_s \cdot z$$

(artikel 8.1.4. VBC 1995)

$$A_s = \frac{M_u}{f_s \cdot z} = \frac{63 \cdot 10^6}{435 \cdot 280} = 518 \text{ mm}^2$$

Wapening voor de horizontale belasting

$$A_s = \frac{F_{hd}}{f_s} = \frac{22,5 \cdot 10^3}{435} = 52 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 518 + 52 = 570 \text{ mm}^2$$

Kies 3 Ø16 = 603 mm²

Opmerking: een extra moment, dat ontstaat als gevolg van de excentriciteit van de horizontale belasting, wordt verwaarloosd. Dit moment is groot: $F_{hd} \cdot (dekking c + \frac{1}{2} \text{Ø hoofdwapening})$. In dit geval geeft dit 6 mm² meer wapening.

Een alternatief voor de wapening kan zijn: 5 Ø12. Dit houdt in: $A_s = 565 \text{ mm}^2$

Toetsing scheurvorming

Aan de hand van artikel 8.7.2 van de VBC (volledig ontwikkeld scheurpatroon) kan men de staafafstand en/of de maximale staafdiameter toetsen. Voldaan moet worden aan één van beide eisen:

$$\text{Ø}_{km} \leq \frac{k_1 \cdot \xi}{\sigma_s} \text{ of } s \leq 100 \left(\frac{k_2 \xi}{\sigma_s} - 1,3 \right)$$

Voor milieuklasse 2 geldt: $k_1 = 3750$ en $k_2 = 750$ (zie tabel 38 van de VBC)

Eerst wordt de aanwezige staalspanning berekend.

Gegevens (fig. 4)

- staalsoort : FeB 500 geribd
- : hoofdwapening Ø12
- : beugels Ø8
- sterkteklasse beton : B 25
- milieuklasse : 2
- veiligheidsklasse : 3 ($\gamma_g = 1,2$ en $\gamma_q = 1,5$)
- belastingen : $F_{vg \text{ rep}} = 100 \text{ kN}$ en
- : $F_{vq \text{ rep}} = 60 \text{ kN}$
- : $F_{h \text{ rep}} = 15 \text{ kN}$ (bijvoorbeeld remkrachten of temperatuursinvloeden)

$$F_{vd} = 1,2 \cdot 100 + 1,5 \cdot 60 = 210 \text{ kN}$$

$$F_{hd} = 1,5 \cdot 15 = 22,5 \text{ kN}$$

Er is geen excentrische belasting op de console.

Bepaling hoofdbuigwapening

Eerst moet worden getoetst of het een gedrongen ligger betreft (artikel 8.1.4 VBC).

Er moet gelden: $l_{ov} / h \leq 2$

Hierin is

- l_{ov} = $2 \cdot a$ binnen de dag
- a = afstand tussen resultante van de belasting en een punt gelegen op $\frac{1}{2}a_b \geq \frac{1}{4}L \geq \frac{1}{4}h$ binnen de rand van de constructie
- a_b = breedte van het lastvlak (hier 200 mm = a_i)
- L = totale lengte van de console
- h = de hoogte van de console
- l = de overspanning; voor een console geldt $l = 2a$

$$0,5 a_b = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ mm} \geq \frac{1}{4} \cdot 400 = 100 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{1}{4} \cdot 400 = 100 \text{ mm}$$

$$a = 100 + 100 + (200/2) = 300 \text{ mm.}$$

Hieruit volgt: $l_{ov} = 2 \cdot 300 = 600 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$

Door de verticale belasting:

$$\sigma_s = \frac{F_{\text{rep}}}{F_d} \cdot \frac{A_{s \text{ ben}}}{A_{s \text{ aanw}}} \cdot 435$$

$$\sigma_s = \frac{160}{210} \cdot \frac{518}{603} \cdot 435 = 284 \text{ N/mm}^2$$

Door de horizontale belasting:

$$\sigma_s = \frac{F_{\text{rep}}}{A_{s \text{ aanw}}} = \frac{15000}{603} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 284 + 25 = 309 \text{ N/mm}^2$$

Er moet nu aan één van de volgende voorwaarden worden voldaan:

kenmiddellijn:

$$\emptyset_{\text{km}} \leq \frac{3750 \cdot 1}{309} \leq 12,1 \text{ mm}$$

of

staafafstand:

$$s \leq 100 \cdot \left(\frac{750 \cdot 1}{309} - 1,3 \right) = 113 \text{ mm}$$

Voor s geldt $400/3 = 133 \text{ mm}$

De gekozen wapening voldoet niet aan deze voorwaarden. Bij toepassen van 5 Ø12 wordt de staalspanning: $\sigma_s = 303 + 27 = 330 \text{ N/mm}^2$.

kenmiddellijn:

$$\emptyset_{\text{km}} \leq \frac{3750 \cdot 1}{330} = 11,3 \text{ mm}$$

Hieraan wordt niet voldaan.

$$\text{Of } s \leq 100 \cdot \left(\frac{750 \cdot 1}{330} - 1,3 \right) = 97 \text{ mm}$$

$s = 400/5 = 80 \text{ mm}$. Hieraan wordt voldaan.

Conclusie

De in eerste instantie gekozen wapening van 3 Ø16 voldoet niet aan de scheurwijdte-eisen. Daarom wordt gekozen voor 5 Ø12.

Toetsing verankeringslengte volgens art. 9.6.2 VBC Verankering in de wand

Middellijn wapening is Ø12 en milieuklasse 2 is van toepassing. Hieruit volgt voor de betondekking:

$$c = 30 + 8 = 38 \text{ mm (tabel 44 VBC)}.$$

Bij sterkteklasse B 25 is de rekenwaarde van de betondruksterkte $f'_b = 15 \text{ N/mm}^2$.

Voor de verankeringslengte van bovenstaven geldt (voor enkele bovenstaven maximaal Ø 25) volgens tabel 50 van de VBC:

$$l_v = 1,25 \cdot l_{\text{vo}}$$

$$l_{\text{vo}} = \alpha_1 \emptyset_k \cdot \frac{f_s}{\sqrt{f'_b}}$$

$$\alpha_1 = 0,40 \cdot (1 - 0,1 \cdot c/\emptyset_k) \leq 0,24 \text{ (geribd staal)}$$

$$\alpha_1 = 0,40 \cdot (1 - 0,1 \cdot 38/12) = 0,27$$

$$l_{\text{vo}} = 0,27 \cdot 12 \cdot \frac{435}{\sqrt{15}} = 364 \text{ mm}$$

$$l_v = 1,25 \cdot 364 = 455 \text{ mm}$$

Omdat de toegepaste wapening hier vrijwel gelijk is aan de rekenkundig benodigde wapening, is er geen sprake van een gereduceerde verankeringslengte l_{vr} . De verankering begint vanaf 100 mm van de dagmaat van het betonelement.

De verankering aan de voorzijde:

De staven worden omgebogen met een buigstraal van $2,5 \emptyset_k = 2,5 \cdot 12 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$ (artikel 9.5.1. VBC 1995). De kendiameter is kleiner dan Ø16 dus kan een toets volgens artikel 9.6.3. achterwege blijven.

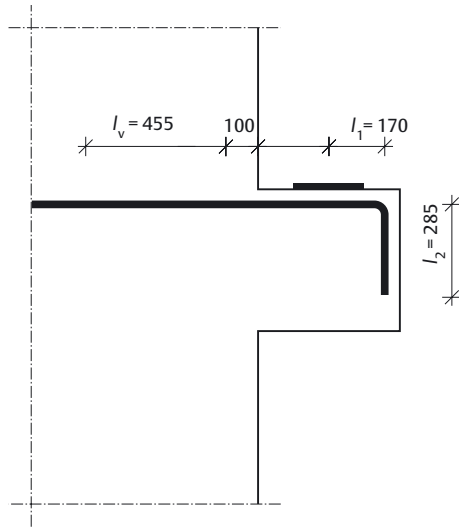
$$\text{Er moet gelden: } l_v = l_1 + l_2 = 455 \text{ mm}$$

Hierin is:

$$l_1 = 200 - 30 = 170 \text{ mm}$$

Benodigde waarde voor l_2 : $455 - 170 = 285 \text{ mm}$ (fig.5).

Conclusie: l_v is kleiner dan de mogelijk toe passen verankeringslengte. De staaf (met een middellijn $< 16 \text{ mm}$) kan dus goed verankerd worden.



$$k_h = 1,6 - 0,4 = 1,2$$

$$\omega_0 = \frac{100 \cdot A_{s \text{ aanw}}}{b \cdot d} = \frac{100 \cdot 565}{400 \cdot 400} = 0,35$$

$$\tau_1 = 0,4 \cdot 1,15 \cdot 5,66 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[3]{0,35} = 2,20 \text{ N/mm}^2$$

Aangezien er ook een horizontale trekkracht op werkt zal de doorsnede volgens artikel 8.2.3.2. τ_1 verlaagd moeten worden met:

$$\tau_n = 0,5 \cdot \sigma_{\text{bmd}}$$

In dit voorbeeld:

$$\tau_n = 0,5 \cdot \frac{22500}{400 \cdot 400} = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 2,20 - 0,07 = 2,13 > 1,31$$

Omdat $\tau_1 > \tau_d$ is dwarskrachtwapening niet noodzakelijk. Praktisch worden 4 beugels Ø8 toegepast.

Opmerking: volgens artikel 9.11.4.2 moet 10% van de hoofdbuigwapening worden toegepast als horizontale wapening. $A_s = 0,1 \cdot 565 = 57 \text{ mm}^2$ per zijvlak. Kies praktisch: 2 haarspelden Ø8. ($A_s = 100 \text{ mm}^2$)

Toetsing dwarskracht

Bij het toetsen op dwarskracht hoort onlosmakelijk het bepalen of eventuele dwarskrachtwapening volgens VBC 8.2.2 nodig is.

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d = h = 400 \text{ mm (volgens artikel 8.1.4)}$$

$$V_d = 210 \text{ 000 N}$$

$$\tau_d = \frac{V_d}{b \cdot d} = \frac{210 \cdot 10^3}{400 \cdot 400} = 1,31 \text{ N/mm}^2 > 0,46 \text{ N/mm}^2$$

De optredende schuifspanning is groter dan de minimale τ_1 . Voor gedrongen liggers mag τ_1 worden verhoogd.

Bepaling uiterst opneembare schuifspanning

Volgens artikel 8.2.3 VBC bepalen we de uiterst opneembare schuifspanning als volgt:

$$\tau_1 = 0,4 \cdot f_b \cdot k_\lambda \cdot k_h \cdot \sqrt[3]{\omega_0} \leq 0,4 f_b$$

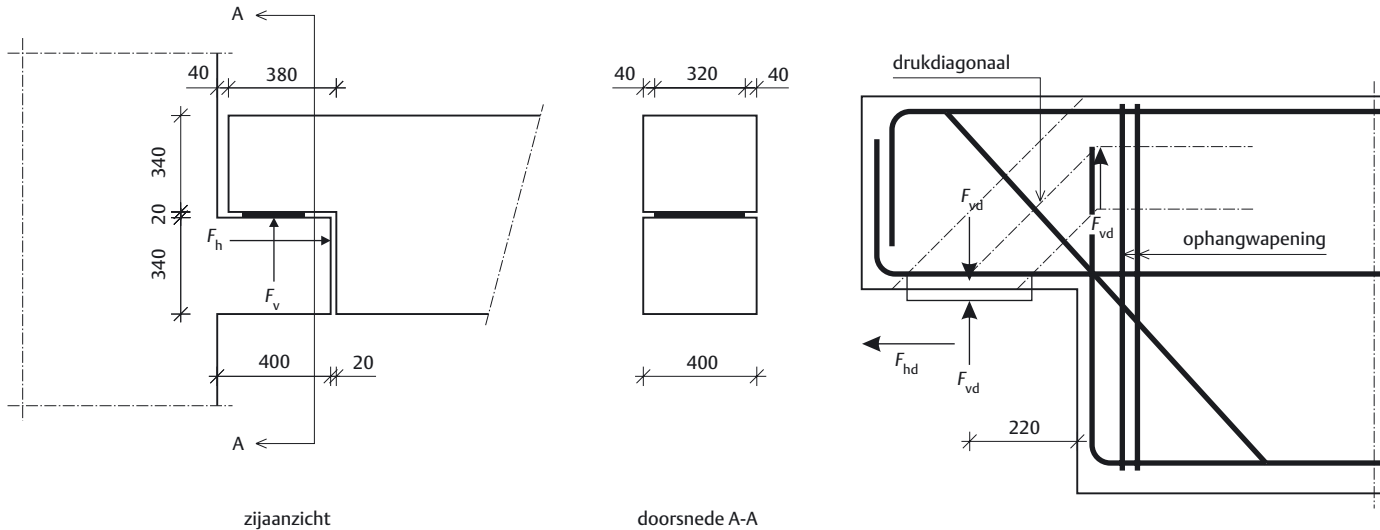
$$\lambda_v = \frac{M_{d \text{ max}}}{d \cdot V_{d \text{ max}}} = \frac{63}{0,4 \cdot 210} = 0,75$$

$$g_\lambda = 1 + \lambda_v^2 = 1 + 0,75^2 = 1,56$$

$$A_0 = 200 \cdot 320 \text{ mm}^2$$

(A_0 = oppervlakte van het minimaal aanwezige lastvlak. In dit geval is de ondersteuning niet maatgevend.)

$$k_\lambda = \frac{12 \sqrt[3]{A_0}}{g_\lambda \sqrt[3]{b \cdot d}} = \frac{12 \sqrt[3]{200 \cdot 320}}{1,56 \sqrt[3]{400 \cdot 400}} = 5,66$$



6 | Geometrie van het voorbeeld en krachswerking in de tand

Voorbeeldberekening tandoplegging

Het gekozen voorbeeld wordt vaak toegepast. In figuur 6 zijn de geometrie van de tandoplegging en het schema van de krachswerking weergegeven.

- Gegevens
- staalsoort : FeB 500 geribd
 - : hoofdwapening Ø12
 - : beugels Ø8
 - sterkteklasse beton : B 25
 - milieuklasse : 2
 - veiligheidsklasse : 3 ($\gamma_g = 1,2$ en $\gamma_q = 1,5$)
 - belastingen : $F_{vg\ rep} = 100$ kN en $F_{vq\ rep} = 60$ kN
 - : $F_{h\ rep} = 15$ kN (bijvoorbeeld remkrachten of temperatuur)

$F_{vd} = 1,2 \cdot 100 + 1,5 \cdot 60 = 210$ kN
 $F_{hd} = 1,5 \cdot 15 = 22,5$ kN
 Er is geen excentrische belasting op de tand.
 Volgens artikel 9.11.7.2. moet de tand worden uitgerekend als een console.

Bepaling hoofdbuigwapening
 $a_b = 200$ mm $L = 380$ mm $h = 340$ mm
 Ook hier geldt weer dat a de afstand is tussen de resultante van de belasting en een punt binnen de dag, gelegen op $\frac{1}{2} a_b > \frac{1}{4} L > \frac{1}{4} h$

$\frac{1}{2} a_b = \frac{1}{2} \cdot 200 = 100$ mm $> \frac{1}{4} \cdot 380 = 95$ mm
 $> \frac{1}{4} \cdot 340 = 85$ mm

$a = 220 + 85 = 305$ mm. Verder is $l = l_{ov} = 2 \cdot 305 = 610$ mm, $h = 400$ mm

$l_{ov}/h = 610/340 = 1,79 \leq 2$.

Hieruit blijkt: de oplegtand is gedrongen.

Bepaling inwendige hefboomsarm z
 $z = 0,2 l + 0,4 h > 0,8 l$
 $= 0,258$ m $< 0,488$ m
 $z = 0,2 \cdot 0,61 + 0,4 \cdot 0,34$
 $z = 258$ mm
 (akkoord)
 $M_d = F_{vd} \cdot a = 210 \cdot 0,305 = 64,1$ kNm.

Wapening voor de verticale belasting:
 Benodigde wapening: $M_d = M_u$ $M_u = A_s \cdot f_s \cdot z$

$$A_s = \frac{M_u}{f_s \cdot z} = \frac{64,1 \cdot 10^6}{435 \cdot 258} = 570 \text{ mm}^2$$

Wapening voor de horizontale belasting

$$A_s = \frac{F_{hd}}{f_s} = \frac{22,5 \cdot 10^3}{435} = 52 \text{ mm}^2$$

$A_{s\ ben} = 570 + 52 = 622 \text{ mm}^2$. Kies 6 Ø12 = 678 mm²

Een alternatief is 4 Ø16 ($A_s = 804 \text{ mm}^2$)

Toetsing scheurvorming volgens VBC 8.7.2

$$\sigma_{km} < \frac{k_1 \cdot \xi}{\sigma_s} \quad \text{of} \quad s \leq 100 \left(\frac{k_2 \cdot \xi}{\sigma_s} - 1,3 \right)$$

Voor milieuklasse 2 geldt: $k_1 = 3750$ en $k_2 = 750$ (zie tabel 38 van de VBC 1995)

$$\sigma_s = \frac{F_{\text{rep}}}{F_d} \cdot \frac{A_s^{\text{ben}}}{A_s^{\text{aanw}}} \cdot 435$$

Door de verticale belasting is:

$$\sigma_s = \frac{160}{210} \cdot \frac{622}{678} \cdot 435 = 304 \text{ N/mm}^2$$

Door de horizontale belasting is

$$\sigma_s = \frac{F_{\text{rep}}}{A_s^{\text{aanw}}} = \frac{15000}{678} = 22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 304 + 22 = 326 \text{ N/mm}^2.$$

Aan één van de volgende voorwaarden moet worden voldaan:

- kendingiameter:

$$\varnothing_{\text{km}} \leq \frac{3750 \cdot 1}{326} = 11,5 \text{ mm (voorwaarde A)}$$

- staafafstand:

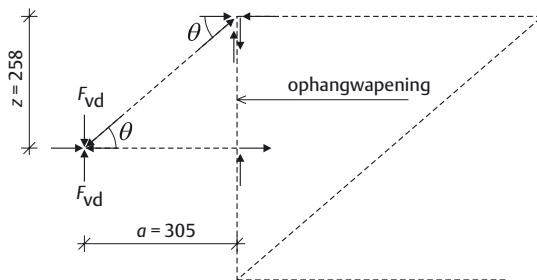
$$s \leq 100 \cdot \left(\frac{750 \cdot 1}{326} - 1,3 \right) = 100 \text{ mm}$$

(voorwaarde B)

De gekozen wapening voldoet niet aan voorwaarde A, maar wel aan voorwaarde B.

$$s = 400/6 = 67 \text{ mm}$$

Conclusie: de gekozen wapening van 6 Ø12 voldoet aan de scheurwijdte-eisen.



Krachten in het vakwerkmodel

Voor de krachtswerking in het vakwerkmodel (fig. 7) wordt het volgende aangehouden:

Uit figuur 7 is af te leiden dat de kracht in de ophangwapening gelijk is aan de verticale belasting F_{vd} .

De hoek van de drukdiagonaal volgt uit:
 $\tan \theta = 258/305$, zodat $\theta = 40,2^\circ$

Bepaling ophangwapening

$$A_s = \frac{F_{\text{vd}}}{f_s} = \frac{210 \cdot 10^3}{435} = 482 \text{ mm}^2$$

Gekozen wordt voor 3 beugels Ø12

$$(A_s = 2 \cdot 3 \cdot 113 \text{ mm}^2 = 678 \text{ mm}^2).$$

Volgens artikel 9.11.7.2. van de VBC 1995 is ophangwapening noodzakelijk in een gebied ter breedte van:

$$B = h \cot. \theta = 340 \cot. 40,2 = 402 \text{ mm}.$$

Toegepast worden 3 beugels h.o.h. 150 mm. De beugels moeten worden geplaatst voorbij de buigstraal van de hoofdwapening, maar wel zo dicht mogelijk bij het verticale betonoppervlak (zie ook fig. 6). Uit ervaring blijkt dat bij toepassing van enkel rechte staven door grote dekkingen en buigstralen in de keeldoorsnede, een grote zone van het beton ongewapend blijft met (grote) scheurvorming tot gevolg.

Het verdient daarom aanbeveling altijd diagonale wapening toe te passen als aangegeven in figuur 6.

Toetsing dwarskracht

Het bepalen van de schuifspanning volgens 8.2.2 gaat als volgt:

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d = h = 340 \text{ mm}$$

$$V_d = 210 \text{ 000 N}$$

$$\tau_d = \frac{V_d}{b \cdot d} = \frac{210 \cdot 10^3}{400 \cdot 340} = 1,54 \text{ N/mm}^2 > 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Minimale } \tau_1 = 0,4 \cdot 1,15 = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

Bepaling uiterst opneembare schuifspanning volgens artikel 8.2.3 VBC verloopt overeenkomstig als bij de console.

$$\lambda_v = \frac{M_{d \text{ max}}}{d \cdot V_{d \text{ max}}} = \frac{64,1}{0,34 \cdot 210} = 0,89 > 0,6$$

$$g_{\lambda} = 1 + \lambda_v^2 = 1 + 0,89^2 = 1,80$$

$$A_0 = 200 \cdot 320 \text{ mm}^2$$

7 | Krachtswerking in het vakwerkmodel

$$k_{\lambda} = \frac{12}{g_{\lambda}} \sqrt[3]{\frac{A_0}{b \cdot d}} = \frac{12}{1,80} \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 320}{400 \cdot 340}} = 5,18$$

$$k_n = 1,6 - 0,34 = 1,26$$

$$\omega_0 = \frac{100 \cdot A_{s \text{ aanw}}}{b \cdot d} = \frac{100 \cdot 678}{400 \cdot 340} = 0,50$$

$$\tau_1 = 0,4 \cdot 1,15 \cdot 5,18 \cdot 1,26 \cdot \sqrt[3]{0,50} = 2,38 \text{ N/mm}^2$$

Ook hier volgt reductie als gevolg van de horizontale trekkracht.

In dit voorbeeld:

$$\tau_n = 0,5 \cdot \frac{22500}{400 \cdot 340} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 2,38 - 0,08 = 2,3 > 1,54$$

Omdat $\tau_1 > \tau_d$ is dwarskrachtwapening niet noodzakelijk. Praktische keuze 4 beugels Ø8 mm.

Opmerking: volgens artikel 9.11.4.2. moet 10% van de hoofdbuigwapening worden toegepast als horizontale wapening.

$A_s = 0,1 \cdot 678 = 68 \text{ mm}^2$ per zijvlak. Praktisch wordt gekozen voor 2 haarspelden Ø8 ($A_s=100 \text{ mm}^2$).

Toetsing verankeringslengte volgens VBC 9.6.2

De bepaling van de verankeringslengte van de trekwapening van de tand is overeenkomstig het voorbeeld van de console. ■

Literatuur

1. Leonard, F., Vorlesungen über Massivbau, deel III hoofdstuk 13.
2. Sagel, R. en A.J. van Dongen, Constructie-leer Gewapend Beton. Stichting ENCI Media, 's-Hertogenbosch, 2000.
3. Bruggeling, A.S.G., Theorie en Praktijk van het gewapend beton, deel 2.
4. Boom, G.H. van, en J.W.Kamerling, Construeren in gewapend beton, deel 2.
5. NEN 6720, VBC 1995 bijgewerkt december 2001.
6. De VBC in de praktijk. Betonvereniging, Gouda, 1995.
7. Toepoel, L. *Cement* 1984 nr. 6 Artikel IV, console van gewapend beton.


Wienerberger
Baksteen. Voor mensen gemaakt.



BrickSupport is het Wienerberger-concept voor innovatie in keramische bouwmaterialen. Een inspiratiebron voor ontwerp en bouwtechniek. Met fraaie en verrassende toepassingen in baksteen als resultaat. Zoals 1toBuild eenschalige prefab baksteenelementen en Free2Build tweeschalige prefab gevelelementen: optelsom van traditie en innovatie.

Wienerberger Bricks B.V.
Hogeweg 95 - 5301 LK Zaltbommel
T 0418 - 597111 | F 0418 - 591292
Informatielijn: 0800 - 0228580
info.nl@wienerberger.com | www.wienerberger.nl

Baksteen. Voor mensen gemaakt.